

УДК 697.7

**Болотских Николай Николаевич**, канд. техн. наук

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры (ХНУСА), г. Харьков

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФРАКРАСНЫХ ГАЗОВЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ,  
ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ЗОНАЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ**

*Приведен анализ различных инфракрасных газовых нагревателей, используемых для зонального отопления, предложена схема нового энергоэффективного нагревателя.*

**Ключевые слова:** инфракрасный нагреватель, зональное отопление, отражатель

УДК 697.7

**Болотських Микола Миколайович**, канд. техн. наук

Харківський національний університет будівництва і архітектури (ХНУБА), м. Харків

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ІНФРАЧЕРВОНИХ ГАЗОВИХ НАГРІВАЧІВ,  
ВЖИВАНИХ ДЛЯ ЗОНАЛЬНОГО ОПАЛЮВАННЯ**

*Наведено аналіз різноманітних інфрачервоних газових нагрівачів, які використовуються для зонального опалення, запропонована схема нового енергоефективного нагрівача.*

**Ключові слова:** інфрачервоний обігрівач, зональне опалення, відбивач.

UDK 697.7

**Bolotskykh Nikolay Nikolaevich**, Cand. of Sc.

Kharkiv National University of Construction and Architecture (KhDTUBA), Kharkiv

**IMPROVEMENT OF INFRARED GAS HEATERS USED FOR ZONE HEATING**

The paper analyzes various infrared gas heaters used for zone heating, offers a new design of an energy-efficient heater.

**Key words:** infrared heater, zone heating, reflector.

**Введение**

В последние годы в мировой практике для отопления различных помещений больших и средних размеров все более широкое применение получают децентрализованные лучистые системы на базе газовых инфракрасных нагревателей. Эти системы в отапливаемых помещениях лучистым путем обогревают поверхности, а не объемы воздуха. Такая особенность и позволила использовать их для обогрева отдельных зон, участков или рабочих мест в производственных помещениях без необходимости обогрева их целиком, чего невозможно достигнуть при использовании традиционных водяных или воздушных отопительных технологий. Практикой доказано, что применению инфракрасных систем для зонального (локального) отопления в производственных помещениях альтернативы нет.

В связи с дальнейшим расширением области применения инфракрасных систем зонального обогрева в производственных помещениях весьма актуальной становится задача дальнейшего совершенствования и повышения их энергоэффективности. Для ее решения в настоящей статье приведен ряд конкретных предложений.

**Целью настоящей статьи** является повышение эффективности газовых инфракрасных нагревателей и снижение расхода газа на отопление.

**Основная часть**

Зональный инфракрасный обогрев в настоящее время осуществляется с помощью газовых нагревателей двух типов: открытой и закрытой конструкции. Инфракрасные нагреватели открытой конструкции работают на принципе беспламенного сгорания газозооушной смеси на поверхности пористой керамики при температурах от 600 до 1000°С и более. Нагретая таким образом керамическая плитка с помощью электромагнитных волн инфракрасного диапазона отдает тепло в зону обогрева.

Нагреватели открытой конструкции выпускаются рядом ведущих мировых компаний и фирм. Например, компания CARLIEUKLIMA (Италия) выпускает нагреватели EUCERAMIC industry HE (рис. 1) с тепловой мощностью от 8,1 до 54,2 кВт [1].

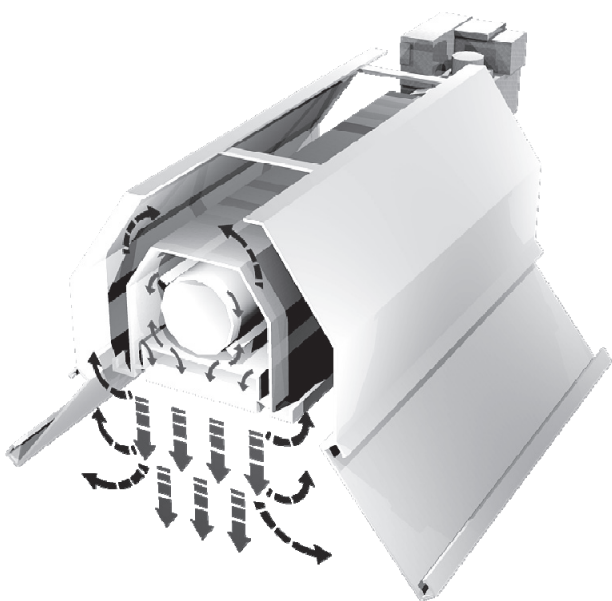


Рис. 1. Устройство и схема работы открытого газового инфракрасного нагревателя серии EUCERAMIC industry HE.

У этих нагревателей в качестве излучающих элементов используются альвеолярные керамические пластины. Благодаря высокой температуре нагрева и специальной структуре керамических пластин обеспечивается полное сгорание газовой смеси. Такой принцип работы обеспечивает выделение большого количества тепла и соблюдение строгих норм экологической безопасности.

Компания DETROIT RADIANT PRODUCTS CO (США) для зонального обогрева выпускает специальные керамические

нагреватели открытой конструкции серии DR с тепловой мощностью от 1,8 до 34,2 кВт [2]. Эти нагреватели используются преимущественно в высоких зданиях с большим воздухообменом.

Фирма FRACCARO (Италия) для зонального и общего отопления помещений большой высоты выпускает нагреватели открытой конструкции SUNRAD с тепловой мощностью от 7 до 60 кВт [3]. Эти нагреватели также используются для обогрева открытых площадок (платформ, полуоткрытых производственных участков и разгрузочно-погрузочных площадок).

Анализ упомянутых выше и других выпускаемых в настоящее время инфракрасных газовых нагревателей открытой конструкции показывает, что им свойственны следующие достоинства:

- высокая эффективность (экономия до 40-60% по сравнению с традиционными технологиями);
- низкие инвестиционные затраты;
- быстрый запуск и выход на заданную мощность;
- бесшумность в работе;
- потребность в техобслуживании практически мала либо вообще отсутствует благодаря использованию высококачественных материалов в их производстве;
- надежность в работе;
- возможность отопления помещений с высокими потолками и плохой терморегуляцией.

Вместе с тем газовые инфракрасные нагреватели открытой конструкции имеют ряд недостатков:

- отсутствие в конструкциях нагревателей специальных систем для отвода продуктов полного и неполного сгорания газа и предупреждения их возможного неблагоприятного воздействия на организм человека;
- возможность их использования только в высоких промышленных зданиях с большим воздухообменом (необходимо удалять из помещения не менее 10 м<sup>3</sup> воздуха в час на каждый кВт установленной мощности используемых для целей обогрева нагревателей);
- выжигание кислорода и высушивание воздуха во внутренней части помещения, что вызывает необходимость постоянного обеспечения естественного либо искусственного воздухообмена;
- относительная пожароопасность;

– образующееся конвективное тепло (нагретый воздух) при работе нагревателей открытой конструкции поднимается вверх под кровлю помещения и бесполезно теряется, чем снижается их тепловая эффективность.

У инфракрасных газовых нагревателей закрытой конструкции [4] горение газа происходит в горелке и частично в излучающей трубе. Средняя температура поверхностей излучающих труб в различных типах и моделях закрытых трубчатых инфракрасных нагревателей находится в пределах от 550 до 180 °С.

Принципиальная схема линейного трубчатого газового нагревателя, используемого для зонального инфракрасного обогрева в производственных помещениях, приведена на рис. 2.

Такие короткие (от 6 до 25 м) инфракрасные трубчатые нагреватели для целей зонального обогрева выпускаются в настоящее время рядом известных мировых компаний и фирм: ROBERTS GORDON и DETROIT RADIANT PRODUCTS (США), CARLIEUKLIMA и FRACCARO (Италия), GO GAS (Германия), SOLARONICS (Франция), ADRIAN (Словакия), PAKOLE (Венгрия) и др. Выпускаемые ими нагреватели закрытого типа имеют одинаковую принципиальную схему, но отличаются друг от друга как по конструкции так и по их параметрам.

Проведенный анализ нагревателей закрытой конструкции, выпускаемых в настоящее время, позволил выявить ряд присущих им достоинств:

- низкие расходы тепла на отопление, благодаря особенностям формирования лучистого теплового режима и гибкости управления (расход тепла за отопительный период по сравнению с традиционными системами отопления может быть ниже в 1,5–2 раза);
- высокий уровень тепловой комфортности в рабочей зоне помещения при их эксплуатации;
- малая подвижность воздуха в помещении, отсутствие сквозняков и переносов пыли;
- малая инерционность (15–30 минут).

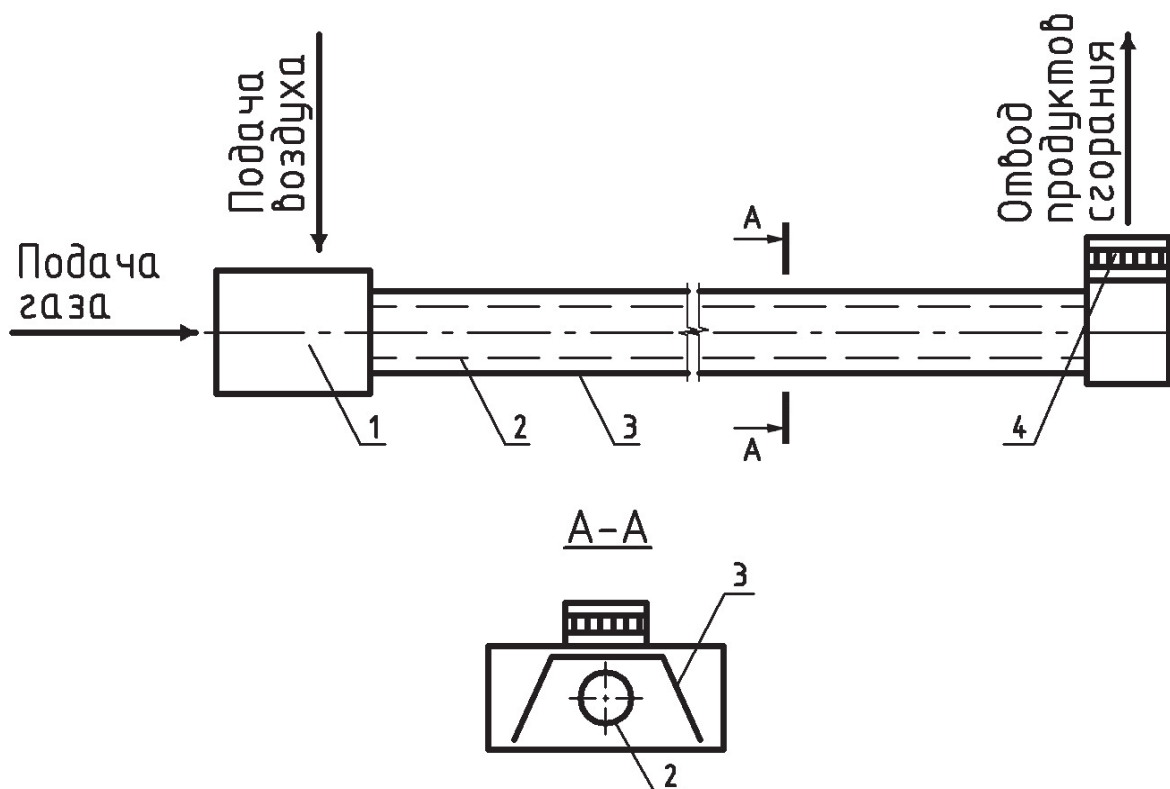


Рис. 2. Принципиальная схема линейного трубчатого газового инфракрасного нагревателя:

- 1 – блок газовой горелки; 2 – излучающая труба;  
3 – рефлектор; 4 – блок отвода продуктов сгорания

Инфракрасные нагреватели закрытой конструкции имеют также следующие недостатки:

- неравномерность излучения тепловой энергии по длине нагревателя, что приводит к неравномерности обогрева зоны отопления;
- использование в большинстве конструкций нагревателей для процесса горения газа воздуха с температурой окружающего пространства, что снижает эффективность сжигания топлива;
- наличие существенных потерь конвективной тепловой энергии в окружающее их пространство, что снижает эффективность использования тепловой энергии в таких нагревательных приборах.

Последний недостаток поясним более подробно. Ряд фирм-производителей трубчатых инфракрасных нагревателей в своих каталогах нередко указывают, что весь тепловой поток от нагревательных приборов в отапливаемое помещение передается только излучением. Такое утверждение ошибочно. При работе таких нагревателей всегда имеют место как лучистая, так и конвективная составляющая проходящего теплообмена. Излучающая труба отдает тепло в виде электромагнитных волн длиной 6–12 микрон во всех направлениях, в том числе и вверх (около 50 %). При наличии рефлектора большая часть из этого излучения поступает в рабочую зону отапливаемого помещения непосредственно либо путем многократного (вторичного) отражения. Воздух, находящийся вблизи нагревателя, особенно вблизи его излучающей трубы, нагревается и благодаря разности удельных весов стремится переместиться вверх. Роль рефлектора в данном случае заключается не только в том, чтобы отражать излучаемое трубой тепло, но и преграждать путь движению потока нагретого воздуха вверх, а также уменьшать скорость его движения, снижать этим самым конвективную теплоотдачу нагревателя. Образующееся конвективное тепло, т.е. теплый воздух, "выходя за берега" рефлектора, устремляется вверх (рис. 3) и тем самым нагревает верхнюю (не рабочую) зону помещения, находящуюся между нагревателем и кровлей помещения.

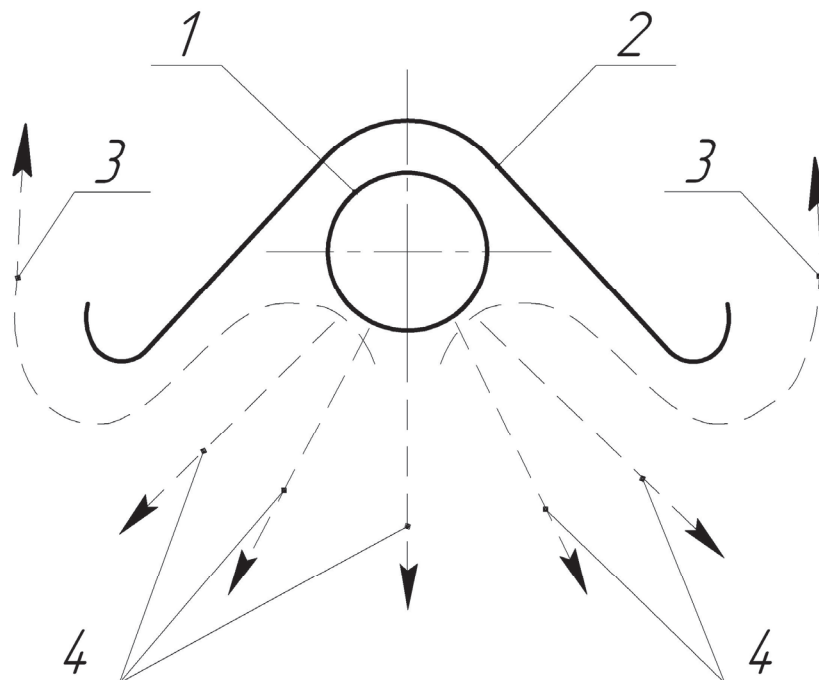


Рис. 3. Схема движения потоков лучистого и конвективного тепла при работе трубчатого нагревателя: 1 – излучающая труба; 2 – рефлектор (отражатель); 3 – линии движения конвективно нагретого воздуха; 4 – линии движения тепла излучения

Исследованиями установлено, что объемы конвективного тепла в общем тепловом балансе у большинства конструкций трубчатых инфракрасных нагревателей значительны.

Известно, что конвективная теплоотдача нагревателя в отапливаемое помещение ( $Q_k$ ) состоит из тепла, передаваемого конвективным путем наружной поверхностью излучающей трубы ( $Q_k^T$ ) и отражателя вместе с горелкой ( $Q_k^O$ ), т. е.

$$Q_k = Q_k^T + Q_k^O. \quad (1)$$

Эта конвективная составляющая теплоотдачи передается воздуху, окружающему трубчатый нагреватель, подвешенный чаще всего вверху помещения на расстоянии около 1 м от его потолка.

Величина этой теплоотдачи может быть оценена с использованием известного выражения

$$Q_k = \alpha \cdot F \cdot \Delta t, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – конвективный фактор теплоотдачи, Вт/см<sup>2</sup>;

$F$  – площадь поверхности теплоотдачи, м<sup>2</sup>;

$\Delta t$  – разность температур теплоотдающей поверхности и воздуха, окружающего нагреватель, °С.

Конвективный фактор теплоотдачи между стенкой трубы и воздухом окружения ( $\alpha$ ) примерно равен 12–15 Вт/см<sup>2</sup>.

Вдоль оси трубчатого нагревателя, начиная от горелки, температура поверхности излучателя изменяется от максимального значения (на расстоянии примерно 1–2 м от горелки) до минимального в конце трубы. В связи с этим и меняется разность температур ( $\Delta t$ ). Величина температуры излучающей поверхности трубы по длине нагревателя может быть с достаточной степенью точности подсчитана по методике, разработанной в ХНУСА [5].

Многочисленные подсчеты с использованием упомянутых выше формул и методики показали, что у многих выпускаемых сегодня конструкций инфракрасных трубчатых нагревателей доля конвективной теплоотдачи составляет 22–32 %. При этом доля лучистой составляющей их теплового баланса находится в пределах от 50 до 60 %, а потерь пепла с уходящими продуктами – от 6 до 9 %. Такие возможные существенные конвективные потери тепла снижают тепловую эффективность инфракрасных трубчатых нагревателей. В связи с этим чрезвычайно важной задачей является максимальное снижение этих конвективных тепловых потерь.

С целью устранения большинства упомянутых выше недостатков инфракрасных газовых нагревателей, используемых для зонального обогрева в помещениях больших и средних размеров, Харьковским национальным университетом строительства и архитектуры предложена схема нового энергоэффективного газового трубчатого нагревательного прибора, представленная на рис. 4.

Представленный на этом рисунке энергоэффективный газовый инфракрасный нагреватель удостоен Патента Украины на изобретение № 104043 [6]. В основу этого изобретения поставлена задача повышения энергоэффективности нагревателя для инфракрасного отопления за счет концентрации лучистой энергии в ограниченном пространстве, выравнивания температурного поля в плоскости нагревателя, а также использования конвективного тепла в нагревателе и части тепла продуктов сгорания после излучателя для подогрева воздуха, который обеспечивает процесс сгорания топлива в горелке.

В новом нагревателе эта задача решается за счет того, что трубчатый излучатель выполнен компактно в виде спирали, над которой расположены последовательно двухслойная вогнутая перфорированная часть отражателя тепловых потоков и газоздушный рекуператор, соединенный с трубчатым излучателем, например, в центре спирали, а с помощью воздухопровода подключенный к газовой горелке.

Боковая часть отражателя тепловых потоков выполнена в виде усеченного конуса, соединенного с помощью отверстий с рекуператором.



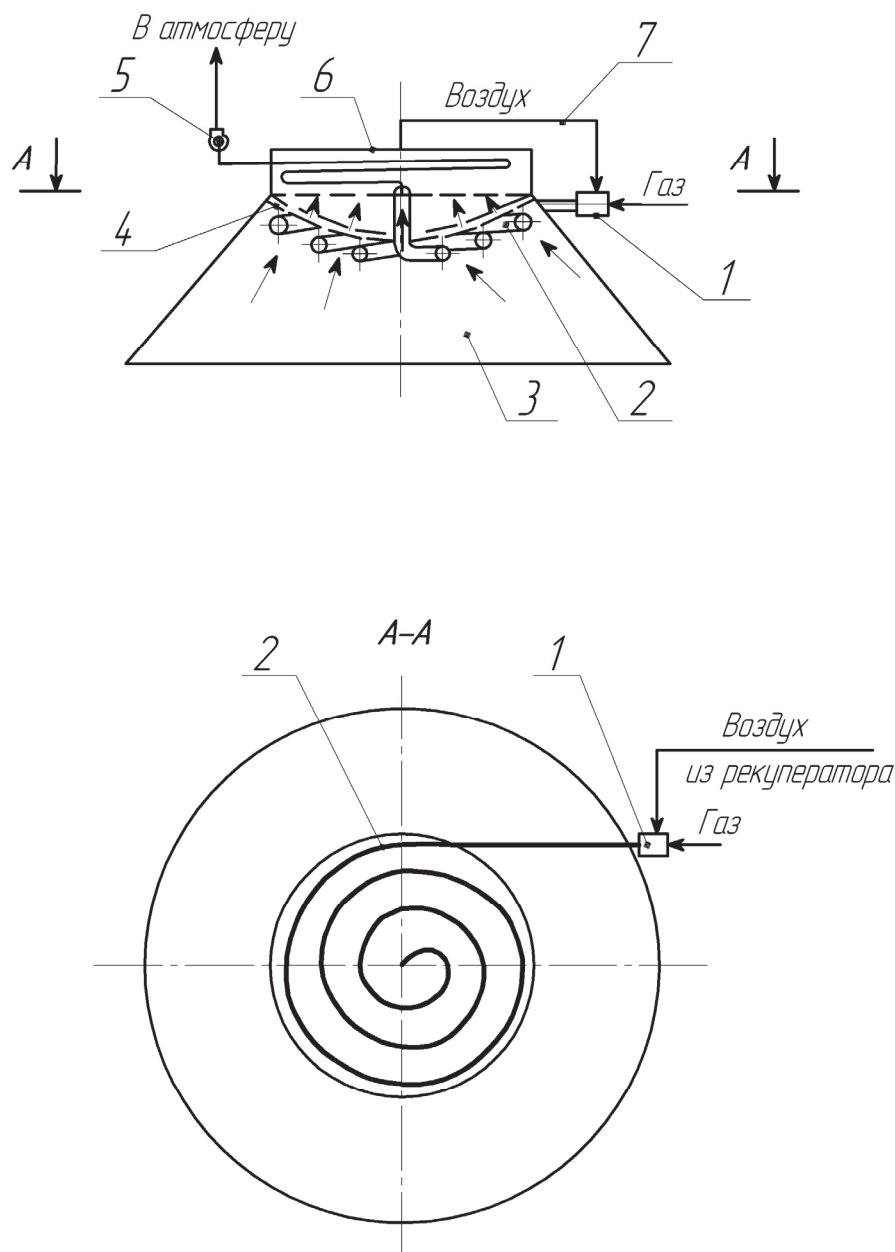


Рис. 4. Схема нового энергоэффективного инфракрасного газового трубчатого нагревателя закрытой конструкции: 1 — газовая горелка; 2 — трубчатый излучатель; 3 — боковая часть отражателя тепловых потоков; 4 — двухслойная перфорированная часть отражателя тепловых потоков; 5 — вентилятор; 6 — газоздушный рекуператор; 7 — воздухопровод

Предложенный нагреватель фактически состоит из двух систем: газовой и воздушной. Газовая система создает энергию теплового излучения, конвективную энергию и тепловую энергию продуктов сгорания после излучателя, а воздушная система использует конвективную тепловую энергию нагревателя и часть тепловой энергии продуктов сгорания после излучателя для подогрева воздуха, который обеспечивает процесс сгорания топлива в горелке.

Газовая система включает в себя горелку 1 (рис. 4), трубчатый излучатель 2, выполненный компактно в виде вогнутой спирали, газоздушный рекуператор 6 и вентилятор 5. В газовой системе создается разрежение между горелкой 1 и вентилятором 5 с помощью последнего. В горелке 1 готовится и зажигается газоздушная смесь, а продукты ее сжигания движутся от периферии к центру спирального трубчатого излучателя 2, где с его поверхности излучается тепловая энергия, а также осуществляется конвективный

теплообмен с окружающим воздухом. Далее продукты сгорания поступают в газоздушный рекуператор 6, где максимально охлаждается за счет теплообмена с окружающим воздухом и вентилятором отводятся за пределы отапливаемого помещения в окружающую среду. Таким образом, в предложенной газовой системе нового инфракрасного нагревателя обеспечивается использование максимального количества тепла продуктов сгорания.

Компактно выполненный в виде выпуклой спирали излучатель 2 концентрирует лучистую энергию в зоне спирали. Такая концентрация лучистой энергии и наличие взаимного частичного ее обмена между витками спирали излучателя 2 обеспечивают выравнивание температурного поля в плоскости излучателя. В целом компактное исполнение излучателя в виде спирали обеспечивает повышение равномерности обогрева поверхностей в рабочей зоне помещения. Исполнение спирали излучателя 2 вогнутой формы способствует прямому поступлению максимального количества лучистой энергии в зону обогрева. Величина этой зоны ограничивается боковой частью 3 отражателя тепловых потоков, выполненной в виде конуса, угол которого зависит от мощности излучателя 2 и расстояния до поверхности обогрева.

Двухслойная перфорированная вогнутая часть 4 отражателя тепловых потоков обеспечивает прохождение воздуха через перфорированные отверстия и отражение максимального количества лучистой энергии излучателя 2, направленной в сторону части 4 отражателя тепловых потоков. Это повышает эффективность использования лучистой энергии излучателя 2.

Воздушная система включает в себя перфорированную часть 4 отражателя тепловых потоков, газоздушный рекуператор 6, объем под газоздушным рекуператором, воздухопровод 7 и газовую горелку 1. Объем под рекуператором 6 образован боковой частью 3 отражателя тепловых потоков, выполненного в виде усеченного конуса и с помощью отверстий соединенного с рекуператором 6. В воздушной системе между упомянутым объемом и газовой горелкой поддерживается разрежение с помощью вентилятора 5 и эжекторной горелки 1.

Конвективный теплообмен излучателя 2 и частей 3 и 4 отражателя тепловых потоков осуществляется с воздухом, который поступает в созданный объем из прилегающего окружающего пространства и под влиянием разрежения движется, последовательно омывая трубу излучателя 2 и двухслойную перфорированную часть 4 отражателя тепловых потоков, до рекуператора 6. Подогретый за счет конвективного теплообмена воздух поступает в газоздушный рекуператор 6, где отбирает часть тепла от продуктов сгорания после излучателя 2, которые затем отводятся за пределы помещения в окружающую среду. После рекуператора 6 нагретый воздух по воздухопроводу 7 поступает в газовую горелку 1. Таким образом воздушная система обеспечивает использование конвективной тепловой энергии от излучателя 2 и от частей 3-4 отражателя тепловых потоков, а также части тепла от продуктов сгорания после излучателя 2, для подогрева воздуха, который обеспечивает горение топлива в горелке 1. Это повышает эффективность процесса сгорания топлива в горелке 1 и значительно уменьшает затраты тепла на обогрев зоны помещения.

В целом предложенная конструкция нового инфракрасного газового нагревателя обеспечивает:

- повышение эффективности обогрева помещений за счет концентрации лучистой энергии и выравнивания температурного поля в плоскости излучателя;
- повышение эффективности процесса сгорания топлива в горелке путем использования энергии конвективного теплообмена в нагревателе и части тепла продуктов сгорания после излучателя для подогрева воздуха, подаваемого в газовую горелку;
- повышение эффективности нагревателя за счет снижения затрат тепловой энергии, а следовательно, и сокращение расхода газа на обогрев помещения.

Описанный новый инфракрасный нагреватель может быть эффективно использован не только для зонального обогрева, но и для отопления в целом различных помещений производственного и другого назначения.

### Выводы

1. Предложен новый (на уровне изобретения) инфракрасный газовый нагреватель для зонального отопления в помещениях с большими и средними размерами, обладающий более высокой энергоэффективностью по сравнению с существующими нагревательными приборами и меньшими расходами газа на обогрев.

2. Создание и широкое освоение на практике предложенного нового энергоэффективного инфракрасного газового нагревателя позволит существенно снизить расходы газа в Украине на отопление производственных зон либо помещений в целом.

### Список литературы

1. Газовые инфракрасные излучатели EUCERAMIC. [Электронный ресурс]. Италия: CARLEIUKLIMA. Режим доступа: [www.carlieuklima.it](http://www.carlieuklima.it), 2011. – 9 с.

2. Отопление в соответствии с вашими потребностями. США: DETROIT RADIANT PRODUCTS CO., Польша (Познань): ECO INSTAL. Проспект. 2009. – 8 с.

3. Инфракрасные излучатели «светлого типа» SUNRAD. [Электронный ресурс]. Италия: FRACCARO. Режим доступа: [www.fraccaro.it](http://www.fraccaro.it) – 2007, – 24 с.

4. Болотских Н. Н. Инфракрасное отопление производственных помещений / Н. Н. Болотских // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова, Россия, Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова, № 4. – 2011. – С. 27–32.

5. Болотских Н. Н. Совершенствование методики расчета систем отопления газовыми трубчатыми инфракрасными нагревателями. // Науковий вісник будівництва. Харків: ХДТУБА, ХОТБ АБУ, вип. 54, 2009. – С. 76–91.

6. Патент України на винахід № 104043 від 25.12.2013./ М. М. Болотських, М. С. Болотських, О. С. Сорокотяга. Власник: Харківський національний університет будівництва та архітектури, Бюл. № 24 від 25.12.2013, – 7 с.

### References

1. CARLEIUKLIMA (2011), "Gas infrared radiators EUCERAMIC" ["Gazovye infrakrasnye izluchатели EUCERAMIC"], 9 p., available at: [www.carlieuklima.it](http://www.carlieuklima.it)

2. DETROIT RADIANT PRODUCTS CO. (2009), *Heating according to your needs*. /Otoplenie v sootvetstvii s vashimi potrebnostjami. SshA]: Booklet, ECO INSTAL, Poznan (Poland), 8 p.

3. FRACCARO, (2007), Italy, "Infrared "light-type" radiators SUNRAD" ["Infrakrasnye izluchатели "svetlogo tipa" SUNRAD"], 24 p. available at: [www.fraccaro.it](http://www.fraccaro.it).

4. Bolotskih N. N. (2011), "Infrared heating of industrial premises" [Infrakrasnoe otoplenie proizvodstvennyh pomeshhenij ] // Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova, Rossiya, Belgorod: BGTU im. V.G. Shuhova, № 4. – 2011. – P. 27–32.

5. Bolotskikh, N. N. (2009), "Improvement of the method of calculation of heating systems of gas tube infrared heaters" ["Sovershenstvovanie metodiki rascheta sistem otopleniya gazovymi trubchatymi infrakrasnymi obogrevatelyami"], *Naukovy visnyk Budivnytstva*, KhDTUBA, KhOTV ABU, Kharkiv, issue 54, P. 76-91

6. Bolotskykh, M.M., Sorokotiaga, O.S., Invention Patent of Ukraine No. 104043 dd. 25.12.2013, holder: Kharkiv National University of Construction and Architecture [Patent Ukraïni na vinahid № 104043 vid 25.12.2013./ M. M. Bolotskih, M. S. Bolotskih, O. S. Sorokotjaga. Vlasnik: Kharkivskiy nazionalnyj universitet budivnitsva ta arhitektury] //Bul. No. 24 dd. 25.12.2013, 7 p.

6. Patent Ukraïni na vinahid № 104043 vid 25.12.2013./ M.M. Bolotskih, M.S. Bolotskih, O.S. Sorokotjaga. Vlasnik: Harkivs'kij nacional'nij universitet budivnictva ta arhitekturi, Bjul. № 24 vid 25.12.2013, – 7 p.

Поступила в редакцию 14.05 2014 г.